Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 11, No. 4, Winter 2020, p. 413-424

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص. 424-413

تولید گاز و قابلیت هضم آزمایشگاهی انواع کربوهیدرات های غیر الیافی و پروتئین قابل تجزیه شکمبه‌ای

اسحاق اسمعیلی دوآبی[1]، جواد بیات کوهسار[2]، فرخنده رضایی[3*]، یوسف مصطفی لو[2]، آشورمحمد قره‌باش [2]

تاریخ دریافت : 1396/10/11
تاریخ پذیرش: 1397/06/03

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر منابع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی (نشاسته، ساکارز، پکتین و دکستروز) و پروتئین با قابلیت تجزیه‌پذیری متفاوت بر تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیری در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. کنجاله سویای عمل‌آوری شده با دمای 160 درجه سانتی‌گراد به مدت 60 دقیقه و کنجاله سویای بدون عمل‌آوری به ترتیب به عنوان سطوح پایین و بالا پروتئین تجزیه‌پذیر شکمبه‌ای انتخاب شدند. دو آزمایش تولید گاز و کشت بسته در قالب طرح فاکتوریل (2×4) با چهار نوع کربوهیدرات غیرالیافی (نشاسته، ساکارز، پکتین و دکستروز) و دو سطح پروتئین تجزیه‌پذیر انجام شد. نتایج نشان داد که در سطح پروتئین تجزیه‌پذیر پایین، ساکارز بالاترین مقادیر پتانسیل تولید گاز، نرخ تولید گاز، انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص و غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر را در مقایسه با سایر منابع قندی داشت. بالاترین و پایین‌ترین غلظت نیتروژن آمونیاکی در بین تیمارهای آزمایشی به ترتیب مربوط به تیمارهای نشاسته همراه با پروتئین تجزیه‌پذیر بالا و پروتئین تجزیه‌پذیر پایین بود. در بین تیمارهای دارای منبع پروتئینی با قابلیت تجزیه‌پذیری پایین، تیمار پکتین بالاترین مقدار تولید توده میکروبی و در بین تیمارهای دارای منبع پروتئینی با قابلیت تجزیه‌پذیری بالا، تیمار نشاسته بالاترین مقدار تولید توده میکروبی و عامل تفکیک را داشت. نتایج این مطالعه نشان داد هنگامی که سطح پروتئین تجزیه‌پذیر خوراک پایین است ساکارز عملکرد بهتری از نظر پارامترهای تخمیری دارد، در حالیکه هنگام استفاده از پروتئین تجزیه‌پذیر بالا تفاوت معنی‌داری بین کربوهیدرات‌های مختلف مشاهده نشد. به نظر می‌رسد این اثرات متقابل باید در تنظیم جیره‌ها مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین تجزیه‌پذیر، تولید گاز، قابلیت هضم، کربوهیدرات غیرالیافی.

مقدمه

کربوهیدرات‌های جیره 70 تا 80 درصد کل انرژی مورد نیاز را برای نگهداری و تولید تأمین می‌کنند. وظیفه اصلی کربوهیدرات‌ها تأمین انرژی برای میکروب‌های شکمبه و حیوان میزبان است. کربوهیدرات‌ها به‌طور کلی به دو دسته ساختمانی و غیرساختمانی یا غیرالیافی[4] طبقه‌بندی می‌شوند. کربوهیدرات‌های ساختمانی شامل سلولز، همی‌سلولز و لیگنین هستند که در دیواره‌های سلول گیاهی پیدا می‌شوند و کربوهیدرات‌های غیرالیافی در داخل سلول‌های گیاهی وجود دارند و معمولا قابل هضم‌تر از کربوهیدرات‌های ساختمانی هستند. قندها، نشاسته، اسیدهای آلی و سایر کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای نظیر فروکتان‌ها بخش کربوهیدرات‌های غیرالیافی را تشکیل می‌دهند و منابع اصلی انرژی برای گاوهای شیری پرتولید هستند (21). علاوه بر قندها (مونو و الیگوساکاریدها)، نشاسته، فروکتان‌ها و اسیدهای آلی، پکتین و هر نوع کربوهیدرات محلول در شوینده خنثی جزو کربوهیدارت‌های غیرالیافی محسوب می‌شوند (21).

اگرچه حداکثر مقدار کربوهیدرات‌های غیرالیافی یا کربوهیدرات‌های ساختمانی که می‌تواند به جیره گاوهای شیری اضافه شود، به‌خوبی تعریف نشده است (21)، با این وجود کربوهیدرات‌های غیرالیافی 30 تا 45 درصد جیره را بر اساس ماده خشک تشکیل می‌دهند (11). گنجاندن کربوهیدرات‌های غیرالیافی معمول‌ترین راهکار برای افزایش تراکم انرژی در جیره گاوهای شیری پر تولید است (15).

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس
2- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس
3- استادیار بخش کشاورزی دانشگاه پیام نور
(*- ایمیل نویسنده مسئول: Email: frezaii@pnu.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v11i4.69793
4-Non-fiber carbohydrate (NFC)

معمولاً کربوهیدارت‌های غیرالیافی به صورت کلی در خوراک یا جیره در نظر گرفته می‌شود، اما نوع کربوهیدراتی که در این بخش وجود دارد بسیار متنوع است. برای مثال، کربوهیدارت‌های غیرالیافی موجود در دانه ذرت بیشتر از نشاسته (65 تا 70 درصد ماده خشک) و در تفاله مرکبات بیشتر از قند و پکتین (به ترتیب 12 تا 40 درصد و 25 تا 44 درصد ماده خشک) و در ملاس بیشتر از قندهای مونو و دی‌ساکارید تشکیل شده‌اند (9). ترکیب کربوهیدارت‌های غیرالیافی جیره می‌تواند مواد مغذی قابل متابولیسم حیوان را تغییر دهد؛ چون انواع مختلف کربوهیدارت‌های غیرالیافی از نظر ویژگی‌های هضم و تخمیر با هم متفاوتند (11). همچنین تخمیر منابع مختلف کربوهیدارت‌های غیرالیافی اثرات متفاوتی بر ویژگی‌های هضم و ترکیب اسیدهای آلی تولید شده دارد (27 و 31). شاید به دلیل همین تفاوت در ویژگی‌های هضم و محصولات حاصل از آن باشد که افزودن کربوهیدارت‌های غیرالیافی به جیره می‌تواند مصرف خوراک، تولید و ترکیب شیر را تغییر دهد. مطالعات نشان داده‌اند که جایگزین کردن بخشی از نشاسته جیره با پکتین باعث افزایش مصرف خوراک (8) و کاهش تولید شیر (6) می‌شود. جایگزین کردن قندها به جای نشاسته نیز سبب کاهش چربی شیر شده است (25). برخلاف این مشاهدات برخی آزمایشات نشان داده‌اند که جایگزینی بخشی از ذرت جیره با ساکارز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد شیردهی و مصرف خوراک ندارد (23). در برخی مطالعات ساکارز سبب افزایش سنتز میکروبی (7 و 13) و در برخی سبب کاهش آن (10 و 25) شده است. افزایش سنتز پروتئین میکروبی در اثر افزودن ساکارز ممکن است با سرعت تخمیر این ماده مرتبط باشد، چون سرعت تخمیر مواد با سرعت رشد میکروبی رابطه مستقیم دارد (20)؛ به طوری که موادی که سریع‌تر تخمیر می‌شوند توده میکروبی بیشتری نیز تولید می‌کنند. ساکارز و پکتین در مقایسه با نشاسته ذرت سریع‌تر تخمیر می‌شود (29 و 30).

غلظت پروتئین قابل تجزیه در شکمبه[1] ممکن است با منبع کربوهیدارت‌های غیرالیافی تداخل داشته باشد و پاسخ‌های متفاوتی به pH شکمبه، ناپدید شدن فیبر، تولید شیر و بازدهی خوراک نشان دهد. هلت و همکاران (12) و هال و همکاران (11) گزارش کردند که اثر انواع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی با مقدار پروتئین تجزیه‌پذیر خوراک اثر متقابل نشان می‌دهد. این تداخل‌ها در حال حاضر در چگونگی تأمین احتیاجات مواد مغذی حیوانات در نظر گرفته نمی‌شود.

هدف از انجام این آزمایش بررسی تاثیر منابع مختلف کربوهیدرات غیرالیافی و سطوح متفاوت پروتئین تجزیه‌پذیر شکمبه‌ای بر تولید گاز و قابلیت هضم در شرایط آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها

در ابتدا برای تعیین میزان پروتئین تجزیه‌پذیر شکمبه‌ای و شاخص‌های تجزیه‌پذیری، کنجاله سویای فرآوری نشده و فرآوری شده با روش های مختلف (حرارت خشک، اتوکلاو و ماکرویو) و زمان‌های مختلف از روش‌های in situ و تولید گاز استفاده شد (24). بر اساس نتایج این آزمایش دو تیمار سویای فرآوری نشده و حرارت خشک در دمای 160 درجه سانتی‌گراد به مدت 60 دقیقه به عنوان دو سطح پروتئین تجزیه‌پذیر شکمبه‌ای بالا و پایین انتخاب شدند.

در آزمایش اول فراسنجه‌های تولید گاز برای دو سطح پروتئین تجزیه‌پذیر بالا و پایین و چهار نوع کربوهیدرات غیرالیافی (نشاسته، ساکارز، پکتین و گلوکز) با استفاده از تکنیک تولید گاز (19) انجام شد. در آزمایش دوم قابلیت هضم تیمارهای آزمایش اول در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از روش کشت بسته (28) اندازه‌گیری شد.

تهیه نمونه: مواد خوراکی استفاده شده در آزمایش شامل علوفه خشک یونجه (30 درصد)، سیلاژ ذرت (10 درصد)، دانه جو (25 درصد)، سبوس (9 درصد)، کنجاله سویا (15 درصد)، مکمل ویتامینی و معدنی (0/5درصد)، کربوهیدرات غیرالیافی (گلوکز، ساکارز، پکتین و نشاسته، 10 درصد) و نمک (0/5 درصد) بود که از شرکت ارتان دانه گنبد تهیه شد (جدول 1).

تعیین ترکیب شیمیایی: ترکیب شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه شامل ماده خشک، خاکستر خام، چربی خام و پروتئین خام مطابق روش استاندارد تعیین شد (2). الیاف نامحلول در شوینده خنثی[2] با روش ون سوست و همکاران (29) تعیین شدند.

آزمون تولید گاز: روش تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی مطابق با روش ارائه شده توسط منک و استینگاس (18) انجام گرفت. 200 میلی‌گرم از هر نمونه به‌همراه 30 میلی‌لیتر مایع شکمبه مخلوط شده با بزاق مصنوعی به‌نسبت 1 به 2 در داخل ویال‌های 100 میلی‌لیتری ریخته شده و سپس در حمام آب 39 درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شدند. مایع شکمبه از سه گوسفند نر فیستوله‌گذاری شده نژاد دالاق گرفته شد. مایع شکمبه صاف شده و داخل فلاسک 39 درجه سانتی‌گراد در شرایط بی‌هوازی سریعاً به آزمایشگاه انتقال یافت. در زمان‌های صفر، 2، 4، 6، 8، 12، 24، 36، 48، 72، 96 ساعت انکوباسیون میزان فشار گاز با فشارسنج ثبت شد. برآورد فراسنجه‌های تولید گاز با استفاده از نرم افزار SAS (26) انجام شد. بدین منظور از رابطه غیرخطی ارسکف و مکدونالد (23) استفاده شد.

$$P=b\ (1-e^{-ct})$$

P= حجم تولید گاز در زمان t به صورت تجمعی

c= ثابت نرخ تولید گاز

1- Rumen degradable protein (RDP)

2-Neutral detergent fiber (NDF)

b= گاز تولید شده از بخش قابل تخمیر

t= مدت زمان انکوباسیون

برآورد قابلیت هضم ماده آلی: برای تخمین قابلیت هضم ماده آلی از حجم گاز تولیدی بر اساس 200 میلی‌گرم ماده خشک در طول 24 ساعت از معادله زیر استفاده شد (16).

OMD =14.88+ 0.889 GP+ 0.45 CP + 0.0651 Ash

OMD: قابلیت هضم ماده آلی (درصد ماده خشک).

GP: حجم گاز تولیدی تصحیح شده برای 24 ساعت (میلی‌لیتر بر 200 میلی‌گرم ماده خشک).

CP: پروتئین خام (درصد)

Ash: خاکستر خام (درصد ماده خشک)

برآورد انرژی قابل متابولیسم: این شاخص بر اساس معادله زیر محاسبه گردید (16).

ME = 2.20 + 0.136 GP + 0.057 CP + 0.0029 CF

ME: انرژی قابل متابولیسم (مگا ژول بر کیلوگرم ماده خشک)

GP: حجم گاز تولیدی در 24 ساعت (میلی‌لیتر بر 200 میلی‌گرم ماده خشک)

CP: پروتئین خام (گرم بر کیلوگرم ماده خشک)

برآورد اسیدهای چرب کوتاه زنجیر: این شاخص با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (16).

SCFA = 0.0222 GP- 0.00425

SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول)

GP: حجم گاز تولیدی در 24 ساعت (میلی‌لیتر بر 200 میلی‌گرم ماده خشک)

برآورد قابلیت هضم در شرایط برون‌تنی

اندازه‌گیری قابلیت هضم تیمارهای مختلف براساس روش کشت بسته انجام شد (28). روش تهیه بزاق مصنوعی و جمع‌آوری مایع شکمبه مطابق آزمون تولید گاز بود. با این تفاوت که در آزمایش تعیین قابلیت هضم، داخل هر یک از ویال‌های شیشه‌ای 500 میلی‌گرم از هر نمونه ریخته شده و 50 میلی‌لیتر از مخلوط بزاق مصنوعی و مایع شکمبه به نسبت 2 به 1 (2 حجم بزاق مصنوعی و 1 حجم مایع شکمبه) به داخل هر ویال اضافه شد (18). سپس به‌مدت 10 ثانیه به داخل هر ویال شیشه‌ای گاز دی‌اکسیدکربن وارد نموده و درب آن به‌کمک درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی به‌طور کامل بسته شد. ویال‌ها درون حمام آب گرم در دمای 39 درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و در فواصل زمانی معین و مساوی تکان داده می‌شدند. بعد از گذشت 24 ساعت، تمامی ویال‌ها از حمام آب گرم خارج شده و به ظرف حاوی یخ منتقل شدند. نمونه‌های موجود در هر ویال، با استفاده از پارچه مخصوص صاف شده و محتویات هضم نشده از فاز مایع جدا شد. سپس pH فاز مایع نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. محتویات هضم نشده هر ویال جمع‌آوری شده و درون کروزه‌های با وزن مشخص انتقال یافت. کروزه‌ها به‌مدت 48 ساعت در آون با درجه حرارت 60 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس قابلیت هضم ظاهری محاسبه شد و کروزه‌های حاوی محتویات هضم نشده به مدت 6 ساعت در کوره با دمای 540 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. این کار به منظور تعیین مقدار خاکستر خام مواد هضم نشده موجود در کروزه‌ها صورت گرفت.

برآورد قابلیت هضم ماده خشک: این شاخص با استفاده از معادله زیر صورت گرفت (4).

DMD= (0/5 - وزن نمونه باقی مانده بعد از هضم) / 0/5

DMD: قابلیت هضم ماده خشک

برآورد قابلیت هضم ماده آلی: برآورد قابلیت هضم ماده آلی با استفاده از معادله زیر انجام شد (4).

OMD=(ماده آلی اولیه - ماده آلی باقی مانده)/ ماده آلی اولیه

OMD: قابلیت هضم ماده آلی

برآورد عامل تفکیک: این شاخص براساس معادله زیر انجام گرفت (4).

PF=میلی‌گرم ماده آلی ناپدید شده /GP_{24}

PF: عامل تفکیک

GP_{24}: میلی‌لیتر گاز تولید شده در زمان 24 ساعت.

برآورد توده میکروبی: محاسبه توده میکروبی تولید شده با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (4):

MCP (mg) = (GP× PF)- 2.2

MCP= تولید توده میکروبی (میلی‌گرم)

GP= میزان تولید گاز خالص بعد از 24 ساعت (میلی‌لیتر)

PF= عامل تفکیک (میلی‌گرم در میلی لیتر)

برآورد بازده تولید پروتئین میکروبی: بازده تولید پروتئین میکروبی با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (4).

بازده تولید پروتئین میکروبی /MCP =ماده آلی ناپدید شده

برآورد بازدهی تولید گاز: این شاخص (میلی‌لیتر گاز به ازاء 500 میلی گرم ماده خشک) بر اساس معادله زیر محاسبه شد (4).

Gy= GP_{24} / (0/5 - وزن ماده خشک بعد از آون)

Gy: تولید گاز

اندازه‌گیری آمونیاک مایع شکمبه: میزان نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با استفاده از روش فنل- هیپوکلریت تعیین گردید (5). جذب نوری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر با مدل Libera- S22 Biochrom در طول موج 630 نانومتر اندازه‌گیری شد.

جدول 1- اجزای مواد خوراکی مورد استفاده در جیره‌ها

Table1- Components of food ingredients used in the diets

مواد خوراکی Ingredients	پروتئین قابل تجزیه در شکمبه بالا High level of RDP				پروتئین قابل تجزیه در شکمبه پایین Low level of RDP			
	نشاسته Starch	پکتین Pectin	ساکارز Sucrose	گلوکز Glucose	نشاسته Starch	پکتین Pectin	ساکارز Sucrose	گلوکز Glucose
یونجه Alfalfa	30	30	30	30	30	30	30	30
سیلاژ ذرت Corn silage	10	10	10	10	10	10	10	10
دانه جو Barley grain	25	25	25	25	25	25	25	25
سبوس گندم Wheat Bran	9	9	9	9	9	9	9	9
نمک Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
مکمل ویتامینی Vitamin supplement	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
کنجاله سویای حرارت ندیده Unheated soybean meal	15	15	15	15	-	-	-	-
کنجاله سویای حرارت دیده heated soybean meal	-	-	-	-	15	15	15	15
گلوکز Glucose	-	-	-	10	-	-	-	10
ساکارز Sucrose	-	-	10	-	-	-	10	
پکتین Pectin	-	10	-	-	-	10	-	-
نشاسته Starch	10	-	-	-	10	-	-	-

روش آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها: این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل 4×2 در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول: دو سطح پروتئین تجزیه پذیر در شکمبه (RDP) و فاکتور دوم: چهار نوع منبع کربوهیدراتی. مدل آماری مورد استفاده در این آزمایش به شرح زیر می‌باشد:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk}= مقدار هر مشاهده

μ= میانگین کل

A_i= اثر سطح پروتئین

B_j= اثر نوع کربوهیدرات

AB_{ij}= اثر متقابل نوع منبع پروتئینی و کربوهیدراتی

e_{ijk}= خطای آزمایشی

پردازش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه 9/1) و رویه GLM انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر منابع مختلف کربوهیدرات غیرالیافی و سطح پروتئین تجزیه پذیر شکمبه‌ای بر فراسنجه‌های تولید گاز

نتایج مربوط به تأثیر منابع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی (نشاسته، ساکارز، دکستروز و پکتین) و دو سطح پروتئین تجزیه پذیر در شکمبه بر پتانسیل تولید گاز، ثابت نرخ تولید گاز و فراسنجه‌های تخمینی در جدول 2 نشان داده شده است. نتایج نشان داد بین منابع مختلف کربوهیدرات غیرالیافی در هر دو سطح پروتئین تجزیه‌پذیر از نظر فراسنجه‌های تولید گاز و پارامترهای تخمینی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0/05$). در هنگام استفاده از پروتئین تجزیه‌پذیر پایین، ساکارز بالاترین مقدار پتانسیل تولید گاز (242/2 میلی‌لیتر)، انرژی قابل متابولیسم (7/84 مگاژول)، انرژی خالص (3/93 مگاژول) و غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (0/69 میلی‌مول) و دکستروز پایین‌ترین مقدار پتانسیل تولید گاز (190/4 میلی‌لیتر)، قابلیت هضم

ماده آلی (48/21 درصد در مقایسه با 52/5 درصد در تیمار ساکارز)، انرژی قابل متابولیسم (7/16 مگا ژول) و غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (0/58 میلی‌مول) را در مقایسه با سایر منابع قندی داشتند (P<0/05). اما در تیمارهای با پروتئین تجزیه‌پذیر بالا تفاوت معنی‌داری بین منابع مختلف کربوهیدرات غیرالیافی مشاهده نشد.

تاثیر منابع مختلف کربوهیدرات غیرالیافی و دو سطح پروتئین تجزیه‌پذیر بر روند تولید گاز در زمان‌های مختلف انکوباسیون در شکل 1 نشان داده شده است. در تیمارهای با پروتئین تجزیه‌پذیر پایین، در تمام زمان‌های انکوباسیون ساکارز و دکستروز به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین مقدار تولید گاز بودند. در حالی‌که در تیمارهای با پروتئین تجزیه‌پذیر بالا بین منابع مختلف کربوهیدارت غیرالیافی از نظر مقدار تولید گاز تفاوت قابل توجهی وجود نداشت.

همانطور که نتایج این آزمایش نشان می‌دهد تفاوت‌های معنی‌دار و چشمگیری بین منابع مختلف کربوهیدارت غیرالیافی در سطح پروتئین تجزیه‌پذیر پایین وجود دارد، حال آنکه در سطح پروتئین تجزیه‌پذیر بالا تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین منابع مختلف کربوهیدارت غیرالیافی از نظر ویژگی‌های هضمی مشاهده نمی‌شود، و این نشان می‌دهد که بین نوع منبع کربوهیدرات غیرالیافی و سطح پروتئین تجزیه‌پذیر اثر متقابل وجود دارد. اثرات متقابل بین سطح پروتئین تجزیه‌پذیر خوراک و انواع مختلف کربوهیدارت غیرالیافی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است؛ به طور مثال زیانگ و همکاران (31) مشاهده کردند که ناپدید شدن ماده خشک و ماده آلی برای ساکارز و پکتین در مقایسه با نشاسته و اینولین بیشتر بود. همچنین این محققان برای ناپدید شدن الیاف محلول در شوینده خنثی[1] اثر متقابل بین کربوهیدارت غیرالیافی و پروتئین تجزیه‌پذیر مشاهده کردند، به‌طوری‌که ناپدید شدن الیاف محلول در شوینده خنثی در تیمار ساکارز و پکتین در مقایسه با نشاسته در پروتئین تجزیه‌پذیر پایین کمتر بود، اما در تیمار با پروتئین تجزیه‌پذیر بالا تفاوت خاصی بین تیمارها مشاهده نشد. آزمایشات بر روی گاوهای شیری و در شرایط آزمایشگاهی نشان داده‌اند که تغییر در منبع کربوهیدارت غیرالیافی خوراک و پروتئین تجزیه‌پذیر مصرف خوراک، عملکرد شیردهی و فاکتورهای خونی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (10 و 11). هال و همکاران (10 و 11) همچنین مشاهده کردند که در ارتباط با pH شکمبه، ناپدید شدن فیبر، تولید شیر و بازدهی خوراک بین نوع کربوهیدارت غیرالیافی و سطح پروتئین تجزیه‌پذیر اثر متقابل وجود دارد.

در آزمایش حاضر در تیمارهای با سطح پروتئین تجزیه‌پذیر پایین، تیمار دارای ساکارز در مقایسه با سایر تیمارها به طور معنی‌داری پتانسیل تولید گاز، انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص و قابلیت هضم ماده آلی بالاتری داشت. به طور مشابه هلت و همکاران (19) در بررسی انواع مختلف قندها (گلوکز، فروکتوز و ساکارز) در مقایسه با نشاسته در دو سطح پروتئین تجزیه‌پذیر مشاهده کردند که قندها در مقایسه با نشاسته و مونوساکاریدها (گلوکز و فروکتوز) در مقایسه با ساکارز قابلیت هضم ماده آلی را با بیشتر افزایش دادند. همچنین در ارتباط با هضم الیاف محلول در شوینده خنثی نیز قندها بهتر از نشاسته و مونوساکاریدها بهتر از ساکارز عمل کردند. در آزمایش هلت و همکاران (19) نیز تفاوت در ویژگی‌های هضمی علوفه به اثر متقابل بین منبع کربوهیدرات و سطح پروتئین تجزیه پذیر نسبت داده شد.

بنابراین تغییر ویژگی‌های تخمیری دستگاه گوارش در اثر کربوهیدرات‌های مختلف غیرالیافی علاوه براینکه به مقدار و قابلیت تخمیر آنها بستگی دارد به ترکیب سایر اجزای جیره به ویژه سطح پروتئین تجزیه‌پذیر خوراک نیز وابسته است.

اثر منابع مختلف کربوهیدرات غیرالیافی و سطح پروتئین تجزیه‌پذیر بر قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیری در شرایط برون‌تنی

نتایج حاصل از تاثیر افزودن منابع مختلف کربوهیدارت غیرالیافی و سطح پروتئین تجزیه‌پذیر بر قابلیت هضم ماده آلی و ماده خشک (جدول 3) نشان داد که از این نظر بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<0/05). نشاسته در پروتئین تجزیه‌پذیر بالا، بالاترین و در پروتئین تجزیه‌پذیر پایین، پایین‌ترین قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را بین منابع مختلف کربوهیدارت غیرالیافی داشت.

بالاترین و پایین‌ترین غلظت نیتروژن آمونیاکی در بین تیمارهای آزمایشی به ترتیب مربوط به تیمارهای نشاسته در پروتئین تجزیه‌پذیر پایین و نشاسته در پروتئین تجزیه‌پذیر بالا بود. در هر دو سطح پروتئین تجزیه‌پذیر تیمار پکتین در مقایسه با سایر منابع کربوهیدارت غیرالیافی به طور معنی‌داری pH بالاتری داشت (P<0/05).

به طور کلی بین منابع مختلف کربوهیدرات و دو سطح پروتئین تجزیه‌پذیر بالا و پایین از نظر عامل تفکیک و تولید توده میکروبی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<0/05). در تیمارهای با پروتئین تجزیه‌پذیر پایین، تیمار پکتین بالاترین مقدار تولید توده میکروبی و عامل تفکیک را داشت و در بین تیمارهای با پروتئین تجزیه‌پذیر بالا، تیمار نشاسته بالاترین مقدار تولید توده میکروبی و عامل تفکیک را داشت.

پایین‌ترین بازده تولید گاز در تیمارهای با پروتئین تجزیه‌پذیر پایین و بالا متعلق به تیمار پکتین بود. تیمارهای پکتین و نشاسته بیشترین بازده تولید پروتئین میکروبی را در مقایسه با سایر منابع کربوهیدارت غیرالیافی به ترتیب در سطح پروتئین تجزیه‌پذیر پایین و بالا داشتند.

1- Neutral detergent fiber (NDF)

در آزمایش حاضر پکتین در هر دو سطح پروتئین تجزیه‌پذیر بالاترین pH را در بین تیمارها داشت. مشابه نتایج این آزمایش زیانگ و همکاران (31) در مقایسه بین نشاسته و پکتین در دو سطح پروتئین مشاهده کردند که میانگین 12 ساعته pH برای تیمار پکتین در پروتئین تجزیه‌پذیر بالا بیشتر بود و اثر متقابل بین کربوهیدارت غیرالیافی و پروتئین تجزیه‌پذیر برای pH گزارش کردند. هلت و همکاران (12) نیز نشان دادند که جیره‌های حاوی نشاسته pH شکمبه را نسبت به جیره‌های حاوی گلوگز، فروکتوز و ساکارز بیشتر کاهش می‌دهند. منابع مختلف کربوهیدارت غیرالیافی از نظر خصوصیات هضمی با یکدیگر متفاوت بوده و زمانی که این منابع کربوهیدراتی در شکمبه تخمیر می‌شوند ترکیبات مختلفی از اسیدهای آلی را تولید می‌کنند که دارای اثرات متفاوت بر pH شکمبه هستند. افت کمتر در pH تیمارهای حاوی پکتین ممکن است به این دلیل باشد که پکتین برخلاف نشاسته تولید لاکتات را کمتر نموده و سبب کاهش کمتری در pH می‌شود (3).

نشاسته در تیمارهای با پروتئین تجزیه‌پذیر بالا بیشترین و در تیمارهای با پروتئین تجزیه‌پذیر پایین، کمترین قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را داشت که نشان می‌دهد بین منبع کربوهیدارت غیرالیافی و سطح پروتئین تجزیه‌پذیر در ارتباط با این فاکتورها اثر متقابل وجود دارد. در برخی مطالعات ناپدید شدن ماده خشک و ماده آلی در تیمار پکتین نسبت به نشاسته بالاتر گزارش شده است (31).

جدول 2- اثر متقابل منابع مختلف کربوهیدرات‌های غیرالیافی و سطوح متفاوت پروتئین تجزیه‌پذیر بر فراسنجه‌های تولید گاز[1]

Table 2- Interaction of various sources of non-fiber carbohydrates and different level of degradable proteins on gas production parameters[1]

سطح پروتئین تجزیه‌پذیر Level of RDP[1]	انواع مختلف کربوهیدرات غیرالیافی Type of NFCs	پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر) Gas production potential (ml)	ثابت نرخ تولید گاز (میلی لیتر در ساعت) Gas production rate (ml/h)	قابلیت هضم ماده‌آلی (درصد) Organic matter digestibility (%)	انرژی قابل متابولیسم (مگا ژول در کیلوگرم) Metabolizable energy (mj/kg)	انرژی خالص (مگا ژول در کیلوگرم) Net energy (mj/kg)	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول) Short chain fatty acid (mmol)
LRDP[2]	نشاسته Starch	227.3±5.739	0.0398±0.0026	51.19 ab	7.47 abc	3.60 ab	0.63 abc
	ساکارز Sucrose	242.2±4.68	0.0442±0.0023	52.51 a	7.84a	3.93a	0.69a
	دکستروز Dextrose	190.4±3.58	0.0498±0.0026	48.21 b	7.16c	3.34b	0.58c
	پکتین Pectin	239.5±3.158	0.0433±0.0015	52.8 a	7.75ab	3.82ab	0.67ab
HRDP[3]	نشاسته Starch	214.8±4.15	0.0385±0.0019	48.43b	7.18bc	3.35b	0.58bc
	ساکارز Sucrose	220.2±4.27	0.0473±0.0025	50.00 ab	7.71abc	3.80ab	0.66abc
	دکستروز Dextrose	220.5±3.39	00.0432±0.0017	50.01 ab	7.46abc	3.59ab	0.62abc
	پکتین Pectin	188.8±6.81	0.0476±0.0043	50.08 ab	7.45abc	3.58ab	0.62abc
	MSE			1.131	0.174	0.147	0.028
	RDP			0.120	0.41	0.410	0.38
	NFC			0.084	0.037	0.038	0.031
	NFC×RDP			0.179	0.303	0.0305	0.314

[1] در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری با یک‌دیگراختلاف معنی‌داری دارند (P<0/05).

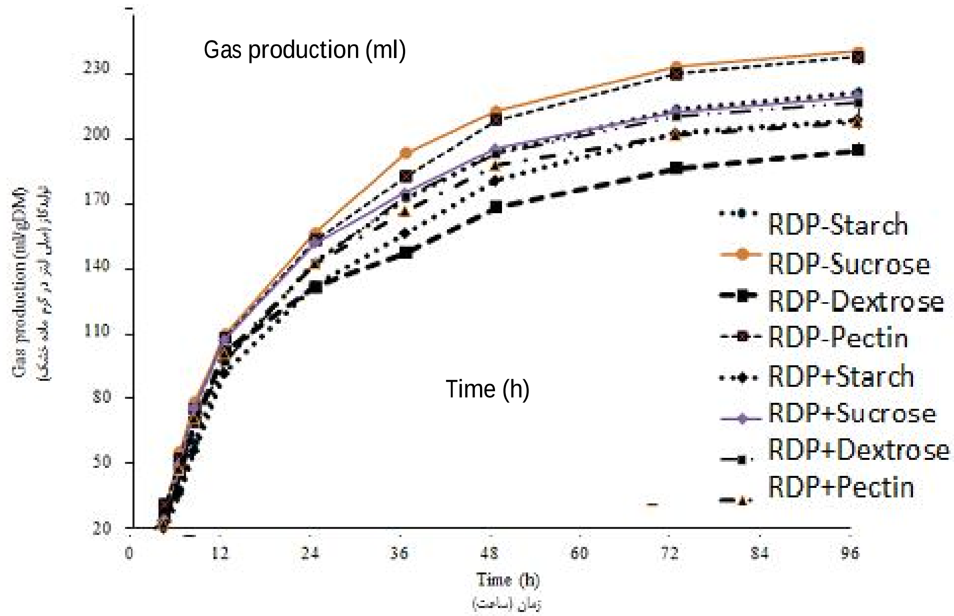
[2] LRDP: سطح پایین پروتئین تجزیه‌پذیر شکمبه‌ای،

[3] HRDP: سطح بالای پروتئین تجزیه‌پذیر شکمبه‌ای

[1]In each column, numbers with non-identical alphanumeric characters are statistically different.

[2]LRDP: Low level of rumen degradable protein,

[3]HRDP: High level of rumen degradable protein



شکل 1- روند تولید گاز (ml) در زمان‌های مختلف انکوباسیون

Figure 1- Gas production (ml) at different incubation times

در مطالعه حاضر در جیره‌های با سطح پروتئین تجزیه‌پذیر بالا و پایین، نشاسته در مقایسه با سایر منابع کربوهیدراتی، به‌ترتیب پایین‌ترین و بالاترین غلظت نیتروژن آمونیاکی را داشت. بازدهی تولید پروتئین میکروبی نیز در تیمارهای دارای نشاسته در پروتئین تجزیه‌پذیر بالا بیشتر بود. با توجه به ماهیت نشاسته از نظر تجزیه‌پذیری، به نظر می‌رسد که نشاسته توانسته با تأمین ثابت و مداوم کربوهیدرات قابل دسترس برای میکروارگانیسم‌ها غلظت نیتروژن آمونیاکی را در جیره با پروتئین تجزیه‌پذیر پایین فراهم کرده باشد. با این حال، در جیره با پروتئین تجزیه‌پذیر بالا احتمالاً به دلیل عدم هم‌زمانی بین منابع پروتئینی و کربوهیدراتی، غلظت نیتروژن آمونیاکی افزایش یافته است.

بین تیمارهای با پروتئین تجزیه‌پذیر پایین، پکتین و بین تیمارهای با پروتئین تجزیه‌پذیر بالا، نشاسته بالاترین عامل تفکیک را در مقایسه با سایر کربوهیدرات‌ها داشتند. عامل تفکیک[2] (PF) بنا به تعریف نسبت میلی‌گرم ماده آلی حقیقی هضم شده بر میلی لیتر حجم گاز خالص تولیدی است و بیان کننده نسبت تجزیه واقعی سوبسترا به حجم گاز تولید شده در دوره‌های زمانی انکوباسیون (معمولاً 24 یا 48 ساعت) بوده (22) و شاخصی از راندمان سنتز توده میکروبی در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد (4). عامل تفکیک بالاتر بیان‌گر چندین خصوصیت است اول اینکه جیره مستعد تولید نسبت مولی بالاتر از اسید چرب پروپیونات می‌باشد، دوم اینکه بیشترین بخش ماده تجزیه شده وارد ساختار میکروبی و تولید توده میکروبی گردیده است و به عبارت دیگر بازده سنتز پروتئین میکروبی در آن بیشتر است، سوم اینکه علوفه‌های با عامل تفکیک بالاتر دارای ماده خشک مصرفی بالاتر توسط دام می‌باشند و چهارم اینکه مقدار گاز تولیدی از جمله گاز متان پایین‌تر بوده و در نتیجه اتلاف انرژی در آن‌ها نیز پایین است (4 و 17).

در این مطالعه، از دو سطح پروتئین تجزیه‌پذیر پایین و بالا و چهار نوع کربوهیدرات غیرالیافی استفاده شده بود. از آنجایی که همبستگی مثبتی بین تولید گاز و تولید اسید چرب فرار و همبستگی منفی بین تولید گاز و تولید توده میکروبی وجود دارد (4) به نظر می‌رسد که نشاسته در بین تیمارهای دارای پروتئین تجزیه‌پذیر بالا حداکثر سنتز پروتئین میکروبی را ایجاد کرده است و در مقایسه با تیمارهای دارای پروتئین تجزیه‌پذیر پایین که تیمار پکتین حداکثر توده میکروبی را تولید کرده بود، حدود 23 میلی‌گرم پروتئین میکروبی بیشتری تولید کرده است. به نظر می‌رسد که نشاسته توانسته است فراهمی بهتری از انرژی را برای سنتز پروتئین میکروبی ایجاد کند.

مطالعات اندکی تاثیر جایگزینی نشاسته را با قندها یا تزریق درون شکمبه‌ای قند برای افزایش قابلیت دسترسی شکمبه‌ای بر سنتز پروتئین میکروبی و بازدهی نیتروژن شکمبه‌ای بررسی کرده‌اند.

1-Partitioning factor

جدول ۳- اثر منابع مختلف کربوهیدرات غیرالیافی و سطوح متفاوت پروتئین تجزیه‌پذیر بر قابلیت هضم و برخی فراسنجه‌های تخمیری[1]

Table 3- Effect of various sources of nonfiber carbohydrate and different levels of rumen degradable protein on digestibility and fermentation parameters[1]

	LRDP[2]				HRDP[3]				P		
	پکتین Pectin	دکستروز Dextrose	ساکارز Sucrose	نشاسته Starch	پکتین Pectin	دکستروز Dextrose	ساکارز Sucrose	نشاسته Starch	RDP	NFC	NFC*RDP
قابلیت هضم ماده خشک (٪) Dry matter digestibility (%)	71.6^{a}	71.1^{ab}	70.0^{ab}	67.4^{b}	68.7^{bc}	67.91^{c}	72^{b}	71.6^{a}	0.06	0.05	<0.0001
قابلیت هضم ماده آلی (٪) Organic matter digestibility (%)	71^{a}	70^{a}	70^{a}	67^{a}	67.5^{c}	68^{c}	70.5^{b}	78.0^{a}	0.11	0.02	<0.0001
نیتروژن آمونیاکی (mg/dl) Ammonia nitrogen (mg/dl)	3.20^{a}	3.09^{ab}	3.18^{a}	2.76^{b}	3.06^{b}	2.89^{b}	3.40^{b}	4.37^{a}	0.006	0.019	0.0001
pH	6.71^{a}	6.68^{b}	6.69^{b}	6.63^{b}	6.72^{a}	6.61^{b}	6.58^{b}	6.62^{b}	0.016	0.024	0.019
بازده تولید گاز (ml) Gas production efficiency (ml)	227.2^{b}	255.6^{a}	242.6^{ab}	252^{a}	223.2^{b}	258.9^{a}	246.8^{a}	220.6^{b}	0.10	0.0001	0.019
عامل تفکیک (mg/ml) Partitioning factor (mg/ml)	4.12^{a}	3.70^{b}	3.86^{ab}	3.75^{b}	3.23^{a}	3.60^{b}	3.86^{b}	4.31^{a}	0.07	0.0007	0.035
تولید توده میکروبی (mg) Microbilal mass production (mg)	156.3^{a}	134.9^{ab}	140.7^{ab}	130.9^{b}	153.4^{b}	123.7^{c}	144.5^{bc}	179.9^{a}	0.079	0.005	0.002
بازده تولید توده میکروبی Microbilal mass production effecincy	0.46^{a}	0.40^{b}	0.43^{ab}	0.41^{b}	0.48^{a}	0.39^{b}	0.42^{b}	0.48^{a}	0.13	0.0005	0.05

[1] در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ($P<0.05$).
[2] LRDP: سطح پایین پروتئین تجزیه‌پذیر شکمبه‌ای،
[3] HRDP: سطح بالای پروتئین تجزیه‌پذیر شکمبه‌ای

[1]In each column, numbers with non-identical alphanumeric characters are statistically different.
[2]LRDP: Low level of rumen degradable protein,
[3]HRDP: High level of rumen degradable protein

تزریق درون شکمبه‌ای ساکارز در جیره گاوهای شیری تولید پروتئین میکروبی را افزایش داد (14) که در تضاد با نتایج این مطالعه بود. قندها در شکمبه نسبت به نشاسته قابل تخمیرتر هستند. جایگزینی نشاسته با قند ممکن است قابلیت دسترس ATP را افزایش دهد، بنابراین استفاده از نیتروژن شکمبه‌ای را افزایش داده و اجازه سنتز موثرتر تولید پروتئین میکروبی را می‌دهد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که کربوهیدرات‌های مختلف غیرالیافی و سطح پروتئین تجزیه‌پذیر پاسخ‌های متفاوتی بر پارامترهای تخمیری شکمبه‌ای داشتند. به طوری که تیمار ساکارز در سطح پروتئین تجزیه‌پذیر پایین، بیشترین مقادیر پتانسیل تولید گاز، نرخ تولید گاز، انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص، غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و قابلیت هضم ماده آلی را در مقایسه با سایر منابع قندی داشت. به نظر می‌رسد که هنگام استفاده از پروتئین با تجزیه‌پذیری پایین تفاوت‌های بیشتری بین منابع مختلف کربوهیدارت غیرالیافی ایجاد می‌شود، حال آنکه در سطح پروتئین تجزیه‌پذیر بالا تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین منابع مختلف کربوهیدارت غیرالیافی از نظر ویژگی‌های هضمی مشاهده نمی‌شود.

بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان برداشت کرد که منبع کربوهیدارت غیرالیافی به همراه سطح پروتئین تجزیه‌پذیر این توانایی را دارد تا ویژگی‌های تخمیر شکمبه‌ای را تغییر دهد. بررسی‌های بیش‌تری در مورد تغذیه انواع مختلف کربوهیدارت غیرالیافی و تجزیه پروتئین مورد نیاز است تا به درک جامعی از تأثیرات آن‌ها بر pH شکمبه، غلظت اسیدهای چرب فرار، غلظت نیتروژن آمونیاکی، متابولیت خون، تولید و ترکیب شیر دست یافت. با توجه به اثرات مستقیم منبع کربوهیدارت غیرالیافی و غلظت پروتئین تجزیه‌پذیر و اثرات متقابل بین آنها برای تغییر عملکرد حیوان پیشنهاد می‌شود که مطالعات جامعی شامل ویژگی‌های متفاوت تغذیه‌ای در انواع متفاوت کربوهیدرات‌های غیرالیافی برای درک این اثرات انجام شود.

منابع

1- Amanzougarene, Z., S. Yuste, A. Vega, and M. Fondevila. 2017. In vitro fermentation pattern and acidifiation potential of different sources of carbohydrates for ruminants given high concentrate diets. Spanish Journal of Agricultural Research, 15(2): 2171-9292.

2- AOAC. 2005. Official Methods Of Analysis. 18th ed. Vol. 1. No. 1. Association of Official Analytical Chemists Washing Town, D.C.

3- Barrios-Urdaneta, A., M. Fondevila, and C. Castrillo. 2003. Effect of supplementation with different proportions of barley grain or citrus pulp on the digestive utilization of ammonia-treated straw by sheep. Journal of Animal Science, 76: 309-317.

4- Blummel, M., H. P. S. Makkar, and K. Becker. 1997. In vitro gas production: a technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77: 24-34.

5- Broderick, G. A. and J. H. Kang. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. Journal of Dairy Science, 63: 64–75.

6- Broderick, G. A. and W. J. Radloff. 2002. Effects of replacing dietary high moisture corn with dried molasses on production of dairy cows. U.S. Dairy Forage Research Center 2000-2001. Research Report, pp. 106-109.

7- Chamberlain, D. G., S. Robertson, and J. J. Choung. 1993. Sugars versus starch as supplements to grass silage: Effects on ruminal fermentation and the supply of microbial protein to the small intestine, estimated from the urinary excretion of purine derivatives, in sheep. Journal of Science of Food and Agriculture, 63: 189–194.

8- Chester-Jones, H., M. D. Stern, H. M. Metwally, J. G. Linn, and D. M. Ziegler. 1991. Effects of dietary protein-energy interrelationships on Holstein steer performance and ruminal bacterial fermentation in continuous culture. Journal of Animal Science, 69: 4956- 4966.

9- Hall, M. B. 2002. Working with sugars (and molasses). In Proceedings from the 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville, FL.

10- Hall, M. B. and C. Herejk, 2001. Differences in yields of microbial crude protein from in vitro fermentation of carbohydrates. Journal of Dairy Science, 84: 2486–2493.

11- Hall. M. B., C. C. Larson, and C. J. Wilcox. 2010. Carbohydrate source and protein degradability alter lactation, ruminal, and blood measures. Journal of Dairy Science, 93: 311–322.

Heldt, J. S., R. C. Cochran, G. L. Stokka, C. G. Farmer, C. P. Mathis, E. C. Titgemeyer, and T. G. Nagaraja. 1999. Effects of different supplemental sugars and starch fed in combination with degradable intake protein on low-quality

forage use by beef steers. Journal of Animal Science, 77: 2793–2802.
12- Huhtanen, P. 1988. The effects of barley, unmolassed sugar-beet pulp and molasses supplements on organic matter, nitrogen and fibre digestion in the rumen of cattle given a silage diet. Journal of Animal Feed Science and Technology, 20 (4): 259-278.
13- Kim, K. H., J. Choung, and D. G. Chamberlain. 1999. Effects of varying the degree of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in lactating dairy cows consuming a diet of grass silage and a cereal-based concentrate. Journal of Science of Food and Agriculture, 79: 1441–1447.
14- Lykos, T., G. A. Varga, and D.Casper. 1997. Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: Effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing Holstein cows. Journal of Dairy Science, 80: 3341– 3355.
15- Makkar, H. P. S. 2004. Recent advances in the in vitro gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources. Assessing Quality and Safety of Animal Feeds. FAO Animal Production and Health Series 160. FAO, Rome, pp. 55–88.
16- Makkar, H. P. S. 2005. In vitro gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. Animal Feed Science and Technology, 124: 291-303.
17- Menke, K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz, and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. Journal of Agriculture and Food Science, 93: 217– 222.
18- Menke, K. H. and H. Steingass. 1978. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal Science Development, 28: 7-12.
19- Nocek, J. E. and J. B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system: Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. Journal of Dairy Science,71: 2070–2107.
20- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of dairy cattle.7th ed, National Academy Press. Washington, DC.
21- Olivera, R. M. P. 1998. Use of *in vitro* gas production technique to assess the contribution of both soluble and insoluble fraction on the nutritive value of forages. Msc thesis, University of Aberdeen.
22- Ordway, R. S., V. A. Ishler, and G. A. Varga. 2002. Effects of sucrose supplementation on dry matter intake, milk yield, and blood metabolites of periparturient Holstein dairy cows. Journal of Dairy Science, 85: 879-888.
23- Orskov, E. R. and I. MacDonald. 1979. The estimate of protein degradability in the rumen from incubatoin measurments wighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science, 92: 499- 503.
24- Rezaii, F., and J. Bayat kouhsar. 2019. Effects of microwaving, and moist and dry heating on ruminal degradability of protein and dry matter in soybean meal. Journal of Livestock Science and Technologies, 2019, 7 (1): 11-19.
25- Sannes, R. A., M. A. Messman, and D. B. Vagnoni. 2002. Form of rumen- degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. Journal of Dairy Science, 85: 900–908.
26- SAS. 2003. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Institute, Cary, NC.
27- Strobel, H. J. and J. B. Russell. 1986. Effect of pH and energy spilling on bacterial versus corn starch or beet pulp fiber diet effects of digestion and intestinal amino acids in dairy cows. Journal of Dairy Science, 76: 2692-2700.
28- Theodorou, M. K., B. A. Williams, M. S. Dhanoa, A. B. McAllan, and J. France. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Journal of Animal Feed Science and Technology, 48: 185-197.
29- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583- 3597.
30- Weisbjerg, M. R., T. Hvelplund, and B. M. Bibby. 1998. Hydrolysis and fermentation rate of glucose, sucrose and lactose in the rumen. Journal of Animal Science, 48:12–18.
31- Zhao, X. H., M. G. Jian, Z. Shan, B. F. Chuan, J. L. Chan, J. X. Lan, P. Ke, and R. Q. Ming. 2015. Effects of Degradable Protein and Non-Fibre Carbohydrates on Microbial Growth and Fermentation in the Rumen Simulating Fermenter (Rusitec). Italian Journal of Animal Science, 14 (2):3771.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 11, No. 4, Winter 2020, p. 413-424

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص. 424-413

Gas Production and *In vitro* Digestibility of Various Sources of Non-fiber Carbohydrates and Rumen Degradable Protein

Eshagh esmaili doabi[1], Javad Bayatkouhsar[2], Farkhondeh Rezaii[3*], Yousef. Mostafalou[2], Ashoor Mohamad Gharebash[2]

Received: 01-01-2018
Accepted: 25-08-2018

Introduction:Carbohydrates are generally classified as either non-structural or structural carbohydrates. Structural carbohydrates include cellulose, hemicellulose and lignin, and non-fiber carbohydrates (NFC) are present inside the plant cells and are usually more digestible than carbohydrates found in plant cell walls. Dietary non-fiber carbohydrates are the main source of energy for high-producing dairy cows, which provide 30 to 45 percent of the dry matter intake. They are a very diverse group of non-fiber carbohydrates, which include starch, sugars, fructans, and pectin substances. Although the total amount of non-fiber carbohydrates is referred to as a single value, different types of NFC have different effects on digestibility and production properties. The dietary profile of NFC has the potential to alter the supply of metabolizable nutrients to the animal because NFC differ in digestion and fermentation characteristics. Sucrose is rapidly fermented in the rumen compared with corn starch. *In vitro* fermentation of sucrose, starch, and pectin resulted in different organic acid profiles, digestion characteristics, and maximal microbial protein yields. In addition, these effects may be affected by other feed components, such as the amount of rumen degradable protein. Some researchers have been showed that the impact of starch and sugars on low quality forage utilization may interact with the amount of supplemental rumen degradable protein.

This experiment was conducted to investigate the effect of various sources of non-fiber carbohydrates (starch, sucrose, pectin, dextrose) in combination with different levels of rumen degradable protein on gas production and digestibility of fermentation parameters in *in vitro* condition.

Materials and Methods: Soybean meal treated with heating at 160°C-60 min and untreated soybean meal were selected as low rumen degradable protein (RDP) and high RDP sources, respectively. Four types of non-fiber carbohydrates (dextrose, sucrose, starch and pectin) supplemented with two levels of rumen degradable protein (RDP) in a 2×4 factorial arrangement by gas production and batch culture. A basal diet including: alfalfa (30%), corn silage (10%), barley grain (25%), wheat barn (9%), salt (0.5%), mineral-vitamin supplement (0.5%), soybean meal (15%) and non- fiber carbohydrate source (10%) was prepared. This study was conducted in two experiments. In the first experiment, the gas production parameters for two levels of high and low rumen degradable protein and four types of non-fiber carbohydrates (starch, sucrose, pectin and glucose) using the gas production technique. In the second experiment, the digestibility of the first experimental treatments were measured in an *in vitro* batch culture method. In the first experiment, the gas pressure was recorded with the pressure gauge at 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 36, 48, 72, 96 h after incubation. In the second experiment treatments were incubated in batch culture conditions for 24 hours and the degradability parameters were determined using equations.

Results and Discussion: the obtained results showed that sucrose had highest gas production potential, organic matter digestibility (OMD), metabolizable energy (ME) and SHORT CHAIN FATTY ACIDS (SCFAs) than other NFC type in low RDP level. There was a significant difference in digestibility of organic matter and dry matter between treatments (P<0.05). The highest and lowest ammonia nitrogen concentrations were obtained from treatments with starch in combination with high and low RDP, respectively. Treatments had a significant effect on partitioning factor and production of microbial mass (P<0.05). Among the low-degradability protein-based treatments, pectin treatment had the highest amount of microbial production and

1-Graduated from Agricultural College, Gonbad University,
2- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Gonbad
3- Assistant Professor, Agriculture Department, Payame Noor University
(*- Corresponding Author: Email address: frezaii@pnu.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v11i4.69793

among the treatments with high degradability protein content, starch treatment had the highest production of microbial mass and partitioning factor. Overall, the results showed that when the RDP level is low, sucrose has a better performance in terms of fermentation parameters, whereas when using the high RDP, there was no significant difference between different types of carbohydrates. It seems that these interactions should be considered in regulating diets.

Conclusion: The results of this experiment showed that different types of non-fiber carbohydrates and levels of rumen degradable protein had a different responses to fermentation parameters. When using low protein levels, it seems that there is a greater difference between different sources of non-fiber carbohydrates, while at high levels of protein degradation there is no significant difference between the different sources of non-fiber carbohydrates in terms of digestibility. Based on these results, it can be concluded that the non-fiber carbohydrate sources, along with the degradable protein supplement, has the ability to change the characteristics of ruminal fermentation, the source of food and the production.

Keywords: Degradable protein, Gas production, Non-fiber carbohydrates, Digestibility.